

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

專案關鍵性作業機能特性之判定與分析

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-032-021-

執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

執行單位：淡江大學企業管理學系

計畫主持人：楊立人

計畫參與人員：徐玉珊、呂其炎

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 6 月 6 日

專案關鍵性作業機能特性之判定與分析

國科會計畫編號：NSC94-2211-E-032-021

執行期限：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

執行機關：淡江大學企業管理學系

計畫主持人：楊立人

摘要

許多研究顯示，營建業對於新科技的應用程度不高，且與其他產業相較之下，其使用科技的程度亦較低，然而近年來營建專案應用科技的程度有逐漸上升的趨勢，部份營造公司試圖採用新興科技來縮減專案成本與工期。然而，由於創新所帶來的效益仍然不明確，此種情形減緩了廠商對於新科技的採用，因此為了瞭解科技所能帶來的好處，有必要進一步從事科技效益的量化研究。

本計畫主要目標為解釋應用科技與專案成功之間的關係，計畫中建立專案應用科技程度之衡量指標，以評估專案常見之作業中應用自動化科技及資訊整合科技的情形，並以統計分析的方式來探討如何決定對於專案成本及進度具關鍵性影響之作業機能，計畫並評估此類影響科技效益之作業機能的特性，以作為分析科技如何影響專案成功之基礎。

關鍵詞：科技；專案成功；作業機能特性

Abstract

Many studies have shown that the construction industry is reluctant to apply new technologies and employs lower levels of technology than other industries. In recent years, however, there has been a growing trend towards increased technology utilization levels on Architect/Engineering/Construction (A/E/C) capital facility projects. Some construction firms adopt emerging technologies in the attempt to reduce the cost and schedule of a project. However, since the benefits of innovation can be rather intangible, this has slowed the adoption of new technology. In order to understand the benefits, there is a need for quantification of the benefits derived from technology application.

The primary objective of this proposed project is to explain the links between technology utilization and project success. In order to explore this, technology usage metrics were developed to assess the levels of integration and automation technology utilization for work function commonly performed on projects. In addition, work functions that leverage project cost and schedule were identified with statistical analyses. Characteristics of work functions that can leverage the benefits of technologies were assessed as a basis for gaining deeper insights into how technology usage may impact project success.

Keywords: technology; project success; work function characteristics

一、前言

許多研究調查顯示，營建業對於新科技的採用相當遲疑，且與其他產業相較之下，營建業在科技方面的投資顯然低了很多，根據美國土木工程研究基金會（Civil Engineering Research Foundation）在 1997 年的一項調查，美國營建業花在研發的經費只

佔其總收入的百分之零點五，然而隨著近年來營建自動化科技及資訊科技的蓬勃發展，營建工程專案在科技的應用程度上有逐漸上升的趨勢。

Mitropoulos and Tatum (2000) 指出驅使業者採用新科技而達成創新的動力包括：(1) 競爭優勢(competitive advantage)：創新科技

是否能為公司帶來競爭力。(2)流程問題(process problems)：創新科技是否能幫助公司解決工作問題。(3)科技機會(technological opportunity)：新科技的出現可能帶來的契機。(4)外在要求(external requirements)：包括業主、競爭者與法規之考量。營建業者嘗試開發新興科技來節省工程成本、加速工程進度並減少意外的發生，然而能否從科技革新中得益仍未獲得有效證實，也因而阻礙了營建業新科技的採用，故營建業應用科技程度的調查及科技效益的量化研究有其存在的必要性。

部份研究學者著手於科技對於專案影響之相關研究，其所衡量的專案績效指標包括專案利害關係人較為關心的成本、進度與安全性等。然而過去的研究闡述了許多應用科技的好處，關於科技如何影響專案表現的量化研究卻較為不足，相關文獻內容之探討將於報告之第三節詳述。

二、研究目的及重要性

本計畫的主要目標為判定對於專案表現具高度影響之作業，並解釋應用科技如何影響專案績效，計畫中發展一具體方法以評估專案中應用自動化科技及資訊整合科技的程度，自動化科技著重於各類型電腦、應用軟體、感測器及控制技術之探討，而資訊整合科技則強調在不同系統或部門間資訊的分享與整合，研究中所發展的方法可用於衡量專案各階段中常見作業應用科技的情形，藉由調查專案的執行績效，並可延伸至對於專案成功具關鍵性影響之作業機能的調查，包括對於專案成本及進度具高度影響作業的判定。

研究中藉由評估影響科技效益之作業機能的基本特性，進一步分析科技如何影響專案成功。此外，所蒐集之資料亦並以追求標準的方法來進行分析，藉以調查台灣營建業中頂尖的專案如何藉由科技來增加作業執行時的效率及效能。以作業機能為基礎的應用科技程度調查以及科技效益的探索性研究將

可作為業者發展科技決策之重要參考，此外，影響科技效益的作業機能特性之評估亦有助於解釋科技對於專案的衝擊。故本計畫之研究成果將可提供業者在企業變革或提升專案績效方面之參考，並可作為營造廠現階段及未來應用科技之依循。

三、文獻探討

回顧近年來以營建科技及其效益為主題之相關調查，其探討的議題包括了自動化科技、資訊科技、科技策略與某些特定科技的應用等，依可能帶來的效益可分為對於成本、進度、品質或生產力改善的分析，其方法多為應用描述統計來評估營造廠應用某項特定科技的狀況，亦有學者藉由建立電腦模型，以電腦模擬的方式來分析科技的效益。然而過去的研究並未涉及解釋應用科技與專案表現之相關性。

Fergusson (1993) 以 17 個工業工程專案為對象，調查資訊整合與品質的關聯性。Back and Bell (1994) 調查電子資料交換(EDI) 及條碼技術對原料管理的影響，其研究中建立一原料管理程序的模型，並比較應用科技與未應用科技對於程序的影響有何不同。Griffis et al. (1995) 為了瞭解三度空間電腦模型應用於營建業的狀況及效益，以 55 個 CII (Construction Industry Institute) 會員公司為研究對象，針對超過 90 個工程專案，評估了三度空間電腦模型對於專案成本、進度及重新施作的影響。Hampson and Tatum (1997) 檢視橋樑工程中科技策略與競爭績效 (competitive performance) 之間的關係，研究中發展出 29 個科技策略的測量指標，並針對五個橋樑建築公司，進行科技策略及競爭績效相關資訊的調查，並根據所搜集之資料分析兩者之間的關係。另外，Goodrum and Haas (2002) 調查不同的裝備科技對於營建生產力的影響，此研究探討了五項科技因素，包括能源、控制、性能範圍、資料處理與人體功學。

另有學者以資訊科技或資訊管理的應用為議題，探討其為工程所帶來效益，Johnson and Clayton (1998) 由業主的觀點評估資訊科技對於工程設計及監造的影響。Back et al. (1996) 評估資訊管理對於專案成本及進度的衝擊，其研究中將營建設計施工程序分為五個階段，每個階段又細分為數項活動 (activities)，並使用電腦模型來評估資訊科技之應用對於專案層級的影響。隨後，Back and Moreau (2000) 以類似之方法發展出另一模型來評估資訊管理對於營建施工程序之影響。Mitropoulos and Tatum (2000) 將營造廠用以規畫、施工、管理及控制工程的技術定義為流程技術 (process technology)，其研究指出應用資訊科技可協助流程運作，達到施工技術及流程的創新，並可策略應用以創造優勢。另外，Thomas et al. (2001) 以 CII (Construction Industry Institute) 會員公司為研究對象，調查營建業應用設計與資訊科技 (design/information technologies) 的趨勢及其對於專案成本、進度及安全性的影響，其中所衡量的科技包括整合性資料庫、電子資料交換、三度空間電腦製圖模型及條碼系統。

國內亦有針對營建業應用科技的相關調查，林能白(1992) 以台灣中小型營造廠為對象，調查營建業在管理上使用電腦的狀況，研究結果顯示當時中小型營造廠電腦化的程度偏低。廖清雄(1994) 以台北市甲級營造廠為研究對象，評估營建業電腦化之情形，研究指出由經濟、管理、社會及科技因素上之分析，業務電腦化是營造業經營的必然趨勢。蘇建豪(1999) 以建築工程為範圍，探討導入標準資訊模型的成本效益與所帶來之影響，研究顯示藉由導入標準資訊模型，可促使單位內之作業流程整合、提升作業流程之效率並使單位與單位之間的資訊傳遞更為迅速。郭淑儀(2001) 以國內甲級營造廠為對象，進行營造業資訊技術應用狀況之調查，研究發現資訊系統所能發揮的效益僅在作業

處理層面，距離營建電子化之發展願景仍有相當距離。

四、研究假設

本研究建立下列假設來調查及解釋使用科技與專案表現的相關性，研究中欲探索的假設包括：

H1：專案中某些作業機能使用科技的程度與專案成本績效具相關性

H2：專案中某些作業機能使用科技的程度與專案進度績效具相關性

H3：作業特性能夠解釋專案績效與使用科技之相關性

五、研究方法

本計畫的主要目標為解釋應用科技與專案成功之間的關係，研究中以統計分析的方式來評估專案中常執行之作業應用科技程度的差異，並決定對於專案成功具關鍵性影響之作業機能，此外，研究亦針對關鍵性作業機能進行基本特性之評估，以進一步解釋應用科技和專案表現的關聯性。

研究初期以上年度計畫(NSC93-2211-E-032-024)中所搜集之專案科技資料為基礎，藉以評估專案中常見之作業在自動化及資訊整合方面應用科技的程度，並透過假設檢定的方式來判定可能對專案具關鍵性影響之作業機能。研究中藉由文獻回顧和腦力激盪的方式彙整出專案在規畫、設計與施工等階段相關的作業機能，在分析過程中並確保所歸納之作業機能對於專案具有潛在的影響力。本計畫以四個等級來分類各作業機能應用自動化科技或資訊整合科技的程度，第一級代表應用科技的程度最低，等級越高表示作業機能涉入科技的層次越高。第一級表示作業中僅使用一般的電子工具，資料大多為手寫，並以口頭或書面的方式傳送資料，第二級與第三級應用科技的程度為中等，此兩個等級分別應用不同程度的專業化電子工具，資料格式為電子形式，然而資料仍需多次輸入，兩者的主要差別為應用工具數量上的不

同，第四級代表作業中應用整合性電子工具，所採用的電子資料可藉由網路系統在不同單位間分享，由於輸入之資料可重複利用，故作業時資料僅需單次輸入。此外，本研究所調查的專案績效包括專案在成本及進度方面表現之差異，關於成本表現的衡量，專案成功定義為專案實際成本低於預算至少 10%，專案失敗定義為專案實際成本超出預算 10%以上，而關於進度表現的評估，專案成功定義為專案實際進度低於計畫至少 10%，專案失敗定義為專案實際進度超出計畫 10%以上。透過與專案中各項作業應用科技程度的資料相結合，可用來決定對於專案成本與進度具影響潛力之作業。研究中以獨立樣本 t 檢定 (Independent-Samples t Tests) 及 Mann-Whitney U Test 來評估表現成功的專案與表現失敗的專案在應用科技程度上是否有顯著性的差異，並藉此判定可能對專案具關鍵性影響之作業機能。假設檢定中的虛無假設為成功專案應用科技的指數與失敗專案相等，而替代假設為成功專案與失敗專案應用科技指數的平均值不相等，統計分析中將各檢定的顯著水準 α 設為 0.1。

計畫之第二階段檢視關鍵性作業機能的性質以深入探索應用科技為何可能對專案成功造成影響，並根據文獻彙整出各作業機能可能具有的特性，研究以 Won (2002) 之調查為基礎，依據下列六個項目發展：(1)人力資源特性 (2)作業產出特性 (3)時間、空間與成本因素 (4)資訊與資料觀點 (5)作業管理特性 (6)作業流程特性。作業機能特性之分析不僅將提供各項作業應用科技差異之解釋，並可用來分析應用科技與專案成功的關係。此階段中並發展另一套資料搜集工具以評估關鍵性作業機能所具備的共同特性，計畫中藉由與各領域之專家學者進行深入訪談，來評估所歸納出的特性與各關鍵性作業機能相關的程度，其評分方式採五點尺度計分，受訪者分別於非常相關、相關、中立、不相關、不知道等五個等級中勾選，相關度

越高表示所調查之作業機能越具該項特性，指標並轉換為一般人較為熟悉以零至十分之度量。

計畫的最後階段進行資料分析，根據統計分析的結果歸納出關鍵性作業機能所具有之共同特性，以進一步解釋應用科技為何可能對專案表現造成影響。

六、解釋科技與專案表現關聯性

本研究共調查台灣營建業 98 個專案，對於專案成本及進度具關鍵性影響之作業機能如表 1 至表 3 所示。研究中並檢視關鍵性作業機能的性質以深入探索應用科技為何可能對專案成功造成影響，對於專案成本及進度具關鍵性影響作業機能之特性如表 4 及 5 所示。研究結果指出具下列特性作業機能對於專案成本表現具關鍵性影響：

- 工作機能之溝通協調需突破空間的障礙
- 資料精確性為執行此項作業機能成功的關鍵
- 需要關於過去專案的歷史性資料來執行此作業機能
- 此作業機能仰賴業界的技術標準
- 某一專業組織負責執行此項作業機能
- 執行此項作業機能時，許多不同的組織含概於其中
- 負責人員必須經常與他人聯絡溝通
- 作業機能涉及重覆性及修正性

具下列特性作業機能對於專案進度表現具關鍵性影響：

- 作業機能之溝通協調需突破空間的障礙
- 需要關於過去專案的歷史性資料來執行此作業機能
- 作業機能仰賴業界的技術標準
- 執行此項作業機能時，許多不同的組織含概於其中
- 負責人員必須經常與他人聯絡溝通

- 作業機能涉及重覆性及修正性

七、結論與建議

本研究以作業機能為衡量基礎，提出一評估專案中各項作業應用科技程度的方法，並配合資料蒐集工具進行現況調查，其目的為檢視專案中常見作業應用科技的情形，並判定對於專案表現具高度影響之作業，計畫中亦探索應用科技與專案成功之間的關係，並深入解釋科技如何影響專案表現，研究結果顯示具資訊、資料與管理相關特性之作業機能對於專案成本及進度具關鍵性影響。

八、計畫成果自評

本計畫已依照預定進度完成，並達成預期目標，部分研究成果將於國外研討會中發表 (23rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction 2006, Tokyo, Japan)，另已將研究成果投稿於國外學術期刊。本研究之內容具實用性並與原計畫相符，對於業界頗具參考價值。

九、參考文獻

- [1] 郭淑儀 (2001). “台灣營造廠應用資訊技術在經營管理之現況研究”，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所。
- [2] 蘇建豪 (1999). “營建工程資訊管理之標準資訊模型初步研究”，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所。
- [3] 廖清雄 (1994). “營造廠業務電腦化實施現況及因應策略之研究”，碩士論文，中華工學院土木工程研究所。
- [4] 林能白 (1992). “營造廠商管理資訊系統之建立”，內政部建研所委託計畫案。
- [5] Back, W. E. and Moreau, K. A. (2000). “Cost and schedule impacts of information management on EPC process.” *Journal of Management in Engineering*, ASCE, 16(2), 59-70.
- [6] Back, W. E.; Moreau, K. A.; Toon, J. (1996). “Determining the impact of information management on project schedule and cost.” *Research Report 125-11*. The Construction Industry Institute, Austin, Texas.
- [7] Back, W. E. and Bell, L. C. (1994). “Quantifying benefits of electronic technology applied to bulk materials management.” The Construction Industry Action Group, Houston, Texas.
- [8] CERF (1997). “Commercializing infrastructure technologies.” *CERF Report #97-5028*, Washington, D.C.
- [9] Fergusson, K. J. (1993). “Impact of integration on industrial facility quality.” PhD thesis, Stanford University, Palo Alto, California.
- [10] Goodrum, P. M. and Hass, C. T. (2002). “Partial factor productivity and equipment technology Change at activity level in U.S. construction industry.” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 128(6), 463-472.
- [11] Griffis, F. H., Hogan, D. B., and Li, W. (1995). “An analysis of the impacts of using three dimensional computer models in the management of construction.” *Research Report 106-11*. The Construction Industry Institute, Austin, Texas.
- [12] Hampson, K., and Tatum, C. B. (1997). “Technology strategy and competitive performance in bridge construction.” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 123(2), 153-161.
- [13] Johnson, R. E., and Clayton, M.J. (1998). “The impact of information technology in design and construction: the owner’s perspective.” *Automation in Construction*, Elsevier Science 8(1), 3-14.
- [14] Mitropulos, P. and Tatum, C. B. (2000). “Forces driving adoption of new information technologies.” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 126(5), 340-348.
- [15] Thomas, S. R., Macken, C. L., and Lee, S. H. (2001). “Impacts of design/information technology on building and industrial projects.” *BMM2001-10*, The Construction Industry Institute, Austin, Texas.

[16] Won, S, (2002). “A model for work function-based prioritization of technologies for

capital projects.” PhD thesis, University of Texas, Austin, Texas.

表 1、影響專案成本作業機能之 t 檢定

作業機能	成本成功專案			成本失敗專案			平均差異	t 值	p 值
	個數	平均值	標準差	個數	平均值	標準差			
進行環境影響評估研究	25	4.53	2.52	20	3.50	2.53	1.03	1.36	0.090
設計結構系統	27	5.19	3.25	20	3.67	2.56	1.52	1.72	0.047
設計機電系統	25	5.20	2.74	17	3.73	2.53	1.47	1.75	0.044
設計空調系統	21	5.87	2.56	15	3.56	2.27	2.32	2.77	0.005

表 2、影響專案進度作業機能之 t 檢定

作業機能	進度成功專案			進度失敗專案			平均差異	t 值	p 值
	個數	平均值	標準差	個數	平均值	標準差			
獲取關於施工方法選擇與施工順序之資訊	11	4.85	3.11	26	3.21	2.40	1.64	1.74	0.045
進行概念性設計以作為工程細部設計的基礎	11	6.06	2.50	27	4.32	2.74	1.74	1.81	0.039
記錄用於發展預算的假設並將其傳遞至專案下一階段	11	5.76	3.68	27	3.70	2.33	2.06	2.07	0.023
發展及傳送供應商與下游包商的邀標書	12	5.28	3.61	32	3.44	2.87	1.84	1.76	0.042
蒐集供應商與下游包商的報價並彙編入投標文件	12	5.56	3.85	31	3.55	2.57	2.01	1.99	0.027

表 3、影響專案進度作業機能之 Mann-Whitney U 檢定

作業機能	進度成功專案			進度失敗專案			z 值	p 值
	個數	等級 平均數	等級 總和	個數	等級 平均數	等級 總和		
設計機電系統	9	23.89	215.00	26	15.96	415.00	-2.146	0.023
設計空調系統	9	22.22	200.00	22	13.45	296.00	-2.677	0.007
進行圖面的數量調查	10	26.80	268.00	32	19.84	635.00	-1.647	0.061

表 4、專案成本關鍵性作業機能之特性

類別	作業機能	平均適用指數
時間/空間/成本	此作業機能之溝通協調需突破空間的障礙	7.50
資訊與資料	資料精確性為執行此項作業機能成功的關鍵	7.50
資訊與資料	需要關於過去專案的歷史性資料來執行此作業機能	7.71
資訊與資料	此作業機能仰賴業界的技術標準	8.33
管理	某一專業組織負責執行此項作業機能	7.29
管理	執行此項作業機能時，許多不同的組織含概於其中	7.08
管理	負責人員必須經常與他人聯絡溝通	7.50
作業程序	此作業機能涉及重覆性及修正性	8.33

表 5、專案進度關鍵性作業機能之特性

類別	作業機能	平均適用指數
時間/空間/成本	此作業機能之溝通協調需突破空間的障礙	7.11
資訊與資料	需要關於過去專案的歷史性資料來執行此作業機能	8.09
資訊與資料	此作業機能仰賴業界的技術標準	7.33
管理	執行此項作業機能時，許多不同的組織含概於其中	7.19
管理	負責人員必須經常與他人聯絡溝通	7.64
作業程序	此作業機能涉及重覆性及修正性	7.15